

# 山东半岛典型流域土地利用变化对径流的影响分析

陈雅琳, 常学礼, 崔步礼

(鲁东大学地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

**摘要:** 采用 3S 技术, 根据 1: 250 000 地形图生成 DEM, 确定出大沽夹河流域的边界, 以烟台市 1986 年、1992 年和 2000 年的 ETM 影像为基础信息源, 分析了 1986~ 1992 年和 1992~ 2000 年两个时期的土地利用变化, 建立了两个时期的径流量与降雨量的回归方程。研究结果表明, 1986~ 1992 年间, 果园和居民地分别增加了 14 286.99 hm<sup>2</sup> 和 5 363.63 hm<sup>2</sup>, 仅农村居民地与城镇分别增加了 100% 和 138.10%。其中, 由农田转化为果园的面积最大, 为 10754.35 hm<sup>2</sup>, 占果园增加量的 75.27%, 而居民地主要由果园和农田转化而来, 其中 842.40 hm<sup>2</sup> 是由果园转化而来, 4 093.14 hm<sup>2</sup> 是由农田转化而来, 分别占居民地增加量的 15.71% 和 76.31%; 与此同时, 农田和有林地的面积却分别减少了 14 108.46 hm<sup>2</sup> 和 9 383.13 hm<sup>2</sup>, 分别主要转化为果园、有林地和农田, 仅水浇地就比 1986 年减少了 23%。1992~ 2000 年间, 果园的增幅比 1986~ 1992 年间增大, 居民的增幅降低, 有林地的减幅却比 1986~ 1992 年间明显增大, 减少了 25.54%。两个时期的径流量与降雨量分别呈线性回归关系和对数回归关系, 1986~ 1992 年这一时期的土地利用变化对径流的影响与降雨量的变化是同向的, 而 1992~ 2000 年期间土地利用变化对水的需求降低, 有利于径流量的增加。

**关键词:** 土地利用变化; 径流量; 影响评价; 大沽夹河流域

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0104-04

## Analysis of Impacts of Land-use Change on Runoff in Typical River Basin in Shandong Peninsula

CHEN Ya-lin, CHANG Xue-li, CUI Bu-li

(College of geography and resource management, Ludong University, Yantai 264025, China)

**Abstract:** The authors determined the boundary of Dagujia river basin based on 3S technology (DEM was made based on the relief map with the scale of 1: 250 000), analyzed the land-use change during 1986~ 1992 and 1992~ 2000 and built the regression equation of runoff and rainfall in the two periods. The results showed that, among 1986 to 1992, the orchard area and residential area had increased 14 286.99 hm<sup>2</sup> and 5 363.63 hm<sup>2</sup> respectively. The rural area and urban area had increased 100% and 138.10% respectively. 10 754.35 hm<sup>2</sup> were converted from cropland to orchard, which was 75.27% of the increasing of orchard. Residential area was mainly converted from orchard and cropland, among which 842.40 hm<sup>2</sup> was converted from orchard and 4 093.14 hm<sup>2</sup> was converted from cropland, which were 15.71% and 76.31% of the increasing of residential area respectively. Meanwhile, the cropland and woodland had reduced 14 108.46 hm<sup>2</sup> and 9 383.13 hm<sup>2</sup> respectively, which were mainly convert to orchard, woodland and cropland, among which the irrigated cropland area had reduced 23% comparing with 1986. Among 1992~ 2000, the amplitude contraction of orchard increased significantly, and the amplitude contraction of residential area reduced. But the amplitude contraction of woodland increased significantly, reducing 25.54%. The relationship between runoff and rainfall in the two periods were linear regression and logarithm regression respectively. The impacts of land-use change and rainfall on runoff during 1986~ 1992 period were homonymous. The runoff increased during 1992~ 2000 period because of the reduction of water requirement caused by land-use change.

**Key words:** land-use change; runoff; effect evaluate; Dagujia River basin

土地利用与覆被变化对区域水平衡的影响是目前国际水文科学最具活力的研究领域<sup>[1,2]</sup>, 随着人类社会的不断发展, 土地覆盖与土地利用格局在流域到全球的多种尺度上都发生了显著变化, 并由此不断改变着地球表面的生物、能量和水分等多种过程<sup>[3,4]</sup>。因此, 国际地圈生物圈计划 (IGBP)、国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP)、世界气候研究计划 (WCRP)、生物多样性计划 (DIVERSITAS) 等将水循环中生物圈作用研究 (BAHC) 与土地利用与覆被变化的关系及其气候脆弱性等作为其核心计划<sup>[4,5]</sup>, 而在 IGBP 与 IHDP 共同确立

的国际间研究计划 LUCC 中, 对径流的影响研究主要集中在对年径流量的影响、对枯水径流量的影响、对洪水过程的影响等方面<sup>[6~8]</sup>。尽管运用模拟、试验流域和观测等手段对植被覆盖与水文过程以及水质间相关关系的研究已有很多, 但有关土地利用变化对水文过程的影响的研究, 是随着全球范围内 IGBP 和 LUCC 计划的推行才逐渐引起人们的重视的<sup>[9~12]</sup>。但由于不同地带其地域特征的差异性, 土地利用与覆盖的变化对流域水文过程的影响也不相同, 因此需要展开大量的典型地区的实例研究, 以建立一个比较完善的土地利

\* 收稿日期: 2006-03-01

基金项目: 鲁东大学基金项目 (20053201); 山东省教育厅项目 (J01H03); 山东省自然科学基金项目 (Z2003E01) 资助

作者简介: 陈雅琳 (1981-), 女, 山东省莱阳市人, 硕士研究生, 研究方向: 景观生态学。

用与覆盖变化对水文过程的影响的理论体系<sup>[8,13,14]</sup>。

1 研究区概述

烟台市地处山东半岛东部,属于典型的丘陵地区,位于北纬36°16′~38°23′,东经119°34′~121°6′,濒临黄海和渤海,属于暖温带大陆性季风气候。全市年平均降水量为651.9 mm,年平均气温11.8℃,年平均相对湿度68%,年平均日照时数2698.4 h,太阳辐射总量年平均值5224.4 kJ/m<sup>2</sup>,年平均风速内陆地区3~4 m/s,沿海地区4~6 m/s,全市平均无霜期210 d。

市域内河网较发育,中小河流众多,河床比降大,源短流急,河流均为山溪型、季风雨源型,共有大小河流4320多条,流域面积大于300 km<sup>2</sup>的河流有五龙河、大沽夹河、黄水河、界河、王河、辛安河和大沽河等7条。其中,大沽夹河位于烟台市东北部,由两条主要支流,一条发源于栖霞城南小灵山,叫清洋河,俗称内夹河,流经栖霞市、福山区;另一条发源于海阳县郭城镇牧牛山,俗称外夹河,流经海阳市、牟平区。两河在福山城东北永福园村东汇合,流经芝罘区,注入

黄海。干流总长143 km,流域面积达2220 km<sup>2</sup>,占烟台市总面积的17%,多年平均径流量可达2.9×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

2 研究方法

本研究以烟台市1986年、1992年和2000年的ETM影像为基础信息源,以1996年“烟台市土地利用现状图”(比例尺1:150000)的图斑分类和地面GPS点调查为斑块属性引导进行影像解译。图像的几何校正用erdas8.6完成,目视解译在Arcview3.3中完成。流域边界的确定采用1:25万数字化地形图,在Arcview3.3环境下完成数字化等高线和高程点,然后在Erdas8.6环境下生成DEM(图1),根据DEM找到两条河流的分水岭,从而确定流域边界<sup>[15,16]</sup>,在Arcinfo7.0环境下用Clip命令切割出大沽夹河流域的准确范围(图2),并依次切割出1986年、1992年和2000年的流域土地利用图(图3)。流域的土地分类采用土地利用三级分类体系,将流域划分为疏林地、有林地、灌木林、果园、农村居民地、城镇、水浇地、旱地、水面及其它(工矿用地、特殊用地、裸岩石砾地及滩涂等)10种类型。

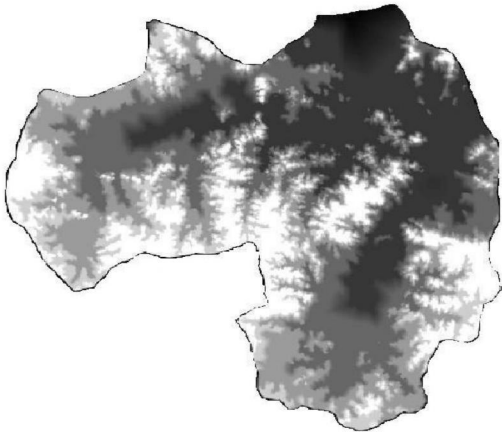


图1 大沽夹河流域DEM

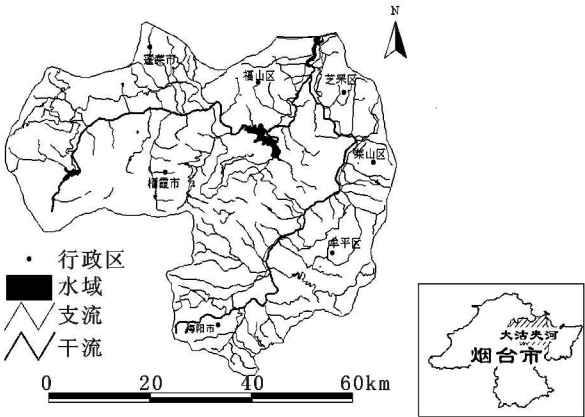


图2 大沽夹河流域地理位置图

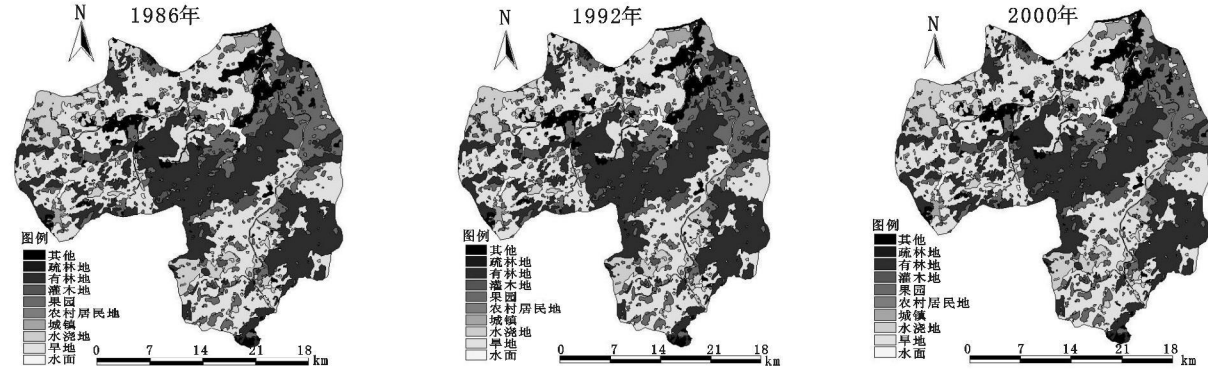


图3 大沽夹河流域不同时期土地利用图

土地利用变化幅度采用以下公式求得:

$$P_i = (LU_{it1} - LU_{it0}) / LU_{it0} \times 100\%$$

式中: $P_i$ ——研究区域第*i*种土地利用类型的变化幅度, $LU_{it0}$ 与 $LU_{it1}$ ——研究区域第*i*种土地利用类型在研究初期的面积、研究时间*t*末的面积。

转移矩阵采用split命令在Arcinfo7.0环境下按土地类型进行切割,由初期土地类型转化为其他类型的面积与初期土地类型的面积之比计算而得。

3 结果与分析

3.1 土地利用格局的动态变化

结合上述10种土地类型,选择了影响水文过程较大的7种,分析了自1986~2000年以来的土地利用变化特征(表

1),从表中可以看出,在研究初期流域内土地类型以有林地和旱地为主,分别占到流域总面积的33.65%和42.94%,农村居民地和城镇的比重最小,仅为0.93%和0.84%;1992年,流域内土地类型仍以有林地和旱地为主,但农村居民地和城镇的面积比重有所增加,分别占到流域总面积的1.86%和2.00%;而现状土地利用分布中,虽然有林地和旱地所占比重仍很大,分别为21.37%和39.81%,但随着烟台市果蔬业的发展和城市化进程的加快,果园、农村居民地和城镇的比重大幅度上升,以至果园所占流域比重超过了有林地,占流域面积的23.13%。在1986~1992的7年间,有林地、灌木林、水浇地和旱地的面积分别减少了14.71%、16.58%、23%和15.65%,农村居民地和城镇分别增加了100%和138.10%,表现出居民建设用地快速扩张而林地和耕地面积

大幅度减少的土地利用变化特点。在 1992~ 2000 年的 8 年间,有林地和灌木林继续减少,分别减少了 25.54% 和 1.28%,且有林地的减幅明显高于前面 7 年;果园、农村居民地和城镇持续增加,但农村居民地和城镇的增加幅度降低,而果园却出现大幅增加的 trend,增加幅度达到 146.33%,反映出这期间的土地利用变化特点仍然是果园和居民建设用地持续扩张、大规模的开荒种地使林地大幅度减少。

表 1 1986~ 2000 年大沽夹河土地利用变化特征

土地利用类型	有林地	灌木林	果园	农村居民地	城镇	水浇地	旱地
1986 年占流域总面积/%	33.65	1.87	9.51	0.93	0.84	17.26	42.94
1992 年占流域总面积/%	28.70	1.56	9.69	1.86	2.00	13.29	36.22
2000 年占流域总面积/%	21.37	1.54	23.13	3.21	4.04	15.33	39.81
1986~ 1992 $P_i$	- 14.71	- 16.58	1.26	100	138.10	- 23.00	- 15.65
1992~ 2000 $P_i$	- 25.54	- 1.28	146.33	72.58	102.00	15.35	9.91

选取有林地、灌木林、果园、居民地(农村居民地+ 城镇)、农田(水浇地+ 旱地)等几种典型的土地类型,做出其不同时间段的转移矩阵(表 2),由表 2 可以看出,在 1986~ 1992 年期间,有林地、灌木林、果园和居民地转化为其他类型的土地中均以农田为重,分别占 1986 年各土地类型总面积的 25.48%、44.55%、11.86% 和 42.32%;农田转化为其他类型的土地中以果园和有林地为主,分别占 1986 年农田面积的 15.63% 和 13.74%;而其他土地利用类型之间的转化幅度则较小。1992~ 2000 年间,有林地、灌木林、果园和居民地转化为其他类型土地中仍以农田为主,分别占 1992 年各土地类型总面积的 26.12%、25.12%、17.74% 和 21.85%;而这期间农田转化为其他类型的土地中却仅以果园为主。综上所述,自 1986 年以来,随着人口数量的不断增加,大沽夹河流域不断的开荒种地,返林还田,使农田面积出现持续的大范围扩张,而林地面积不断萎缩。1992 年以来,福山区大樱桃的种植面积不断扩大,使部分农田转化为果园,占同时期由其他类型转化为果园面积的 64.83%。

表 2 1986~ 2000 年大沽夹河流域  
土地利用类型的转移矩阵

		%				
土地利用类型	有林地	灌木林	果园	居民地	农田	
1986~ 1992	有林地	62.93	1.69	6.12	0.93	25.48
	灌木林	41.27	6.68	4.62	0.75	44.55
	果园	10.95	0.79	57.11	4.67	11.86
	居民地	5.29	0.32	6.97	36.39	42.32
	农田	13.74	1.39	15.63	3.59	59.54
1992~ 2000	有林地	50.09	1.56	16.09	0.95	26.12
	灌木林	19.68	22.0	15.59	6.61	25.12
	果园	6.42	0.45	64.52	3.65	17.74
	居民地	0.46	0.25	9.07	63.9	21.85
	农田	4.9	0.96	21.7	4.11	59.83

3.2 土地利用变化对流域水文过程的影响

降水量的大小直接影响地表径流量的大小<sup>[14, 17, 18]</sup>。大沽夹河流域包括福山、芝罘全部,栖霞、莱山、牟平大部分和蓬莱、海阳部分地区,因此,本文采取以上各县市年降雨量的平均值作为大沽夹河流域年平均降雨量。由大沽夹河流域 1986~ 2000 年间降雨量与径流量的变化趋势(图 4)可以看出,1986 年以来,大沽夹河流域降雨量与径流量均存在年际变化大且呈波浪形变化的特点,变化周期一般为 2~ 3 年。1986~ 1992 年间,大沽夹河流域降雨量与径流量的变化趋势基本吻合,其变化趋势比较急剧,出现两个波峰与波谷,降雨量在 395.68~ 891.02 mm 之间变化,平均值为 564.62 mm;径流量的变化在  $0.051 \times 10^8 \sim 3.590 \times 10^8 \text{ m}^3$  之间,其平均值为  $1.097 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。自 1992 年以来,降雨量与径流量的变化趋势开始出现偏差,尤其是 90 年代中期以后,降雨量

的年际变化增大,而径流量的变化趋势却趋于和缓,但变幅增大,1992~ 2000 年间,大沽夹河流域降雨量在 392.05~ 804.45 mm 之间变化,平均值为 633.54 mm,比 1986~ 1992 年间偏大;径流量在  $0.007 \times 10^8 \sim 3.316 \times 10^8 \text{ m}^3$  之间变化,平均值为  $1.89 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

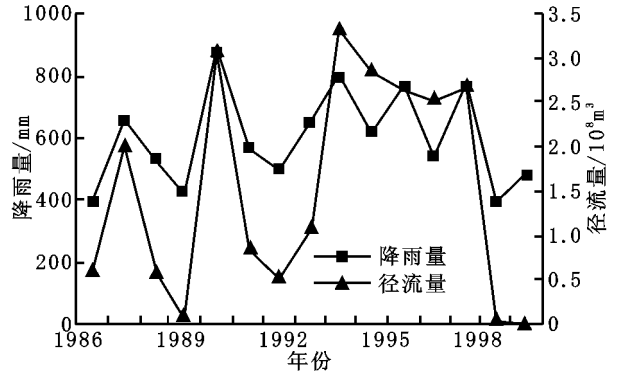


图 4 大沽夹河流域 1986~ 2000 年降雨量与径流量变化

将两个不同时期的降雨量与径流量进行回归分析可以看出,1986~ 1992 年间,大沽夹河流域径流量与降雨量间存在显著的线性回归关系,降水是构成流域径流的主要因素;1992~ 2000 年间,径流量与降雨量间不具有显著的线性回归关系,而成对数回归关系,表明虽然降水是构成径流的主要因素但还有其他水源或影响因子也对径流起着重要作用。1986~ 1992 年这一阶段,径流量随着降雨量的增加而呈直线增加状态,说明其他因子对径流的影响也是同向的,但 1992~ 2000 年这一时期,径流量虽然随着降雨量的增加而增大,但增加的幅度有所增大,说明这一时期面积增加的土地类型对用水的需求量减少,其他因子对径流的影响较大。利用回归分析所获得的定量分析径流与降雨量之间的统计方程列于表 3。

表 3 径流量与降雨量之间的回归方程

年份	回归方程	变量解释	相关检验 R
1986~ 1992 年	$Y = 0.006X - 2.2925$	Y, X 分别为年径流量和降雨量	$R = 0.957 > 0.875 = \alpha_{0.01}^{(5)}$
1992~ 2000 年	$Y = 4.0746 \ln(X) - 24.284$	同上	$R = 0.789 > 0.707 = \alpha_{0.05}^{(6)}$

3.3 土地利用变化对流域水文过程影响检验

根据表 3 方程,进行显著性检验后,对流域径流量进行假设与模拟,对比分析模拟结果。假设在 1986~ 1992 年和 1992~ 2000 年两个阶段内,流域年平均降雨量均为 600 mm,运用表 3 的回归方程进行模拟,所得出的 Y 值分别为  $1.308 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $1.781 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,说明除了降雨量外还有别的因素对径流量造成影响。由图 5 可以看出,1986~ 1992 年间和 1992~ 2000 年间土地利用格局发生了很大变化,1986 年居民地为  $3\,358.74 \text{ hm}^2$ ,1992 年增加到  $8\,722.37 \text{ hm}^2$ ,1986~ 1992 年间果园面积增加了  $14\,286.99 \text{ hm}^2$ ,而农田和有林地的面积却分别减少了  $14\,108.46 \text{ hm}^2$  和  $9\,383.13 \text{ hm}^2$ ;1992~ 2000 年居民地增加到  $13\,737.6 \text{ hm}^2$ ,比 1992 年增加了  $5\,015.23 \text{ hm}^2$ ,但增幅比 1986~ 1992 期间变小,果园、农田面积分别增加了  $11\,549.11 \text{ hm}^2$  和  $4\,523.08 \text{ hm}^2$ ,但有林地和灌木林却分别减少了  $24\,345.46 \text{ hm}^2$  和  $600.46 \text{ hm}^2$ 。假设两个时期在相同降雨量(600 mm)水平下,土地利用格局发生上述变化的情况下,后一时期的径流量比前一时期增加  $0.473 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

4 结论与讨论

(1) 随着社会经济的兴起和烟台果蔬业的发展,自 1986

年起,大沽夹河流域的土地利用格局发生了很大的变化,1986 年大沽夹河流域以有林地和旱地占主体,发展到 2000 年,出现了有林地、果园和旱地面积分别占流域面积的 21.37%、23.13% 和 39.81% 的“三足鼎立”之势(表 1)。

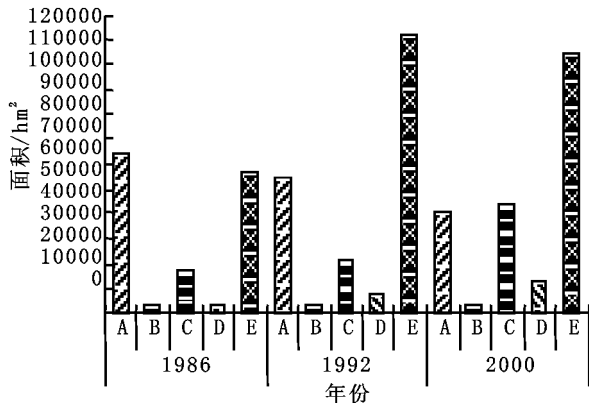


图 5 大沽夹河流域土地利用类型的面积变化

(2) 1986~ 1992 年的 7 年间,大沽夹河流域果园和居民建设用地快速扩张,而农田和林地面积却大幅减少(表 1)。果园和居民地分别增加了 14 286.99 hm<sup>2</sup> 和 5 363.63 hm<sup>2</sup>,占流域面积的 6.32% 和 2.37%,仅农村居民地与城镇分别增加了 100% 和 138.10%。其中,由农田转化而来的面积为 10 754.35 hm<sup>2</sup>,占果园增加量的 75.27%,而由果园和农田转化为居民地的面积分别为 842.40 hm<sup>2</sup> 和 4 093.14 hm<sup>2</sup>,占居民地增加量的 15.71% 和 76.31%(表 2);农田和有林地

的面积分别减少了 14 108.46 hm<sup>2</sup> 和 9 383.13 hm<sup>2</sup>,主要转化为果园、有林地和农田,仅水浇地就比 1986 年减少了 23%。1992~ 2000 年的 8 年间,果园和居民地的面积继续增加,果园与 1986~ 1992 年间相比大幅增加,增幅达 146.33%,居民地的增加幅度减少,农村居民地与城镇分别增加了 72.58% 和 102%,有林地的减幅却比 1986~ 1992 年间明显增大,减少了 25.54%。

(3) 1986~ 1992 年间,径流量与降雨量存在正向的线性回归关系,说明这一时期土地利用格局的变化对径流的影响也是正向的;但 1992~ 2000 年间,径流量与降雨量却成对数回归关系,结合图 5 可以看出,林地减少、果园面积增幅变大而居民地的增幅降低这一土地变化格局与 1986~ 1992 年间土地利用格局的变化相比具有用水减少、增加径流量的特点。但土地利用格局的变化与流域径流量之间还没有形成数量化的表征,需要进一步的研究和探讨。

(4) 虽然果园增加幅度变大而居民地增幅降低这一土地格局变化使 1992~ 2000 年的流域径流量与 1986~ 1992 年相比有所增加,但林地减少、果园和居民地面积增加这种趋势仍然会继续存在,这种趋势必然导致生活、生产用水和灌溉用水的大量增加。2000 年大沽夹河流域的径流量仅为 0.01 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,同时,耕地面积的扩大,必然导致化肥、农药的大量使用,进一步影响流域的水质。大沽夹河流域是烟台市市区的主要饮用水源地,为此,今后在生活及经济发展中,要强化农业综合节水措施和工业综合节水技术,拦蓄大气降水、增加水资源的补给量,采取生活用水按需分支供水的措施,以减少流域供水压力,维持流域水资源的可持续发展。

参考文献:

- [1] R W A Hutjes, P Kabat, S W Running, et al. Biospheric aspects of the hydrological cycle[J]. Journal of Hydrology, 1998, 212- 213: 1- 21.
- [2] L Zhang, W R Dawas, P H Reece. Response of men annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale [J]. Water Resour. Res., 2001, 37(3): 701- 708.
- [3] Kalnay E, Cai M. Impact of urbanization and land-use change on climate[J]. Nature, 2003, 423: 528- 531.
- [4] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N E, et al. Land-use and land-cover change implementation strategy[R]. Stockholm: IGBP Report No. 48 and IHDP Report No. 10, 2002. 21- 66.
- [5] Hoff H. The water challenge: Joint Water Project[J]. Global Change Newsletter, 2002, (50): 46- 48.
- [6] Suzanne Serneels. Priority questions for land use/cover change research in the next couple of years[R]. LUCC Newsletter, 2001. 1- 9.
- [7] Nunes, Auge J I. Land-use and land-cover change implementation strategy[R]. IHDP Report 10, 1999, 7- 21.
- [8] Mingbin Huang, Lu Zhang. Hydrological responses to conservation practices in a catchment of the Loess Plateau, China [J]. Hydrological Process, 2004, 18: 1 885- 1 898.
- [9] Potter K W. Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agriculture catchment[J]. Water Resources Research, 1991, 27: 845- 855.
- [10] DeFries R, Eshleman K N. Land-use change and hydrologic processes: A major focus for the future[J]. Hydrological Processes, 2004. 18: 2 183- 2 186.
- [11] Bewket W, Sterk G. Dynamics in land cover and its effect on stream flow in the Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia[R]. Hydrological Processes, 2004, DOI: 10. 1 002/ hyp. 5 542.
- [12] Legesse D, Vallet- Coulomb C, Gasse F. Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in tropical Africa: Case study south central Ethiopia[J]. Journal of Hydrology, 2003, 275: 67- 85.
- [13] 傅伯杰, 邱扬, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 717- 722.
- [14] 王根绪, 张钰, 刘桂民, 等. 马营河流域 1967- 2000 年土地利用变化对河流径流的影响[D]. 地球科学, 2005, 35(7): 671- 681.
- [15] Garbrecht J, Martz L W. Digital elevation model issues in water resources modeling [A]. In: Proceedings of the 19th ESRI International User Conference[C]. San Diego, California, 1999.
- [16] WANG Dian- zhong, HAO Zhan- qing, XIONG Zai- ping. Modified method for extraction of watershed boundary with digital elevation modeling[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(4): 283- 286.
- [17] 车骞, 王根绪, 苟万德. 黄河源区降水径流时空特性及相关分析[J]. 甘肃水利水电技术, 2004, 40(4): 337- 339.
- [18] 穆兴民, 李靖, 王飞, 等. 基于水土保持的流域降水- 径流统计模型及其应用[J]. 水利学报, 2004, 5(7): 122- 128.